

J. Akademika Kim. 4(2): 104-109, May 2015

ISSN 2302-6030

VARIASI PERBANDINGAN VOLUME FASA MEMBRAN DAN FASA INTERNAL SERTA KONSENTRASI HNO_3 DALAM FASA INTERNAL TERHADAP EKSTRAKSI ION TIMBAL(II) MENGGUNAKAN TEKNIK EMULSI MEMBRAN CAIR

The Variation of Volume Ratio of Membran/Internal Phase and Concentration of HNO_3 in Internal Phase of Lead(II) Extraction by Emulsion Liquid Membrane Technique

***Baharuddin Hamzah, Widya Astuti, Suherman, dan Siti Rabiah Laonu**

Pendidikan Kimia/FKIP - Universitas Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Received 20 March 2015, Revised 17 April 2015, Accepted 18 May 2015

Abstract

The research about variation of volume ratio of membrane/internal phase and concentration of HNO_3 in internal phase on lead(II) extraction by liquid membrane emulsion technique. Volume ratios of the membrane and the internal phases used were 2:1, 2:2, 2:3 and 2:4 while the HNO_3 concentrations used were 1M, 2M, 3M and 4M. The chemical used in this extraction was benzoylacetone as chelating agents. The determination of extraction was performed by spectrodirect spectrophotometer. The results showed the largest extraction percentage on the extraction of the ion lead(II) in solution by using emulsion liquid membrane was obtained in the volume ratio of the membrane and the internal phases of 2:3 with HNO_3 concentration in the internal phase of 3M. these numbers can extract the ion lead(II) as much as 238 ppm in 180 mL with the extraction percentage of 84.45.

Keywords: Extraction, emulsion liquid membrane, ion Lead(II), Benzoylacetone, HNO_3

Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia yang semakin pesat menyebabkan jenis dan volume limbah yang dihasilkan sebagai produk samping industri semakin banyak dan mencemari lingkungan. Umumnya limbah industri yang mencemari lingkungan merupakan senyawa-senyawa kimia yang mengandung logam-logam berat, contohnya merkuri (Hg(II)), timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd), nikel (Ni), besi (Fe) dan lainnya. Limbah tersebut sangat berbahaya bagi kehidupan manusia, misalnya limbah yang mengandung logam Pb .

Bahaya dari bahan pencemar timbal yaitu akan mengganggu kesehatan manusia. Timbal masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernapasan dan saluran pencernaan. Timbal yang masuk dan ditahan dalam tubuh akan terakumulasi di hati, limfa, pankreas, ginjal,

paru-paru dan tulang. Toksisitas Pb baru akan terlihat bila orang mengkonsumsi Pb lebih dari 2 mg perhari, ambang batas Pb yang boleh dikonsumsi adalah 0,2 - 2,0 mg perhari (Payung, dkk., 2013).

Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengurangi kandungan logam berat dari air buangan, seperti koagulasi, kompleksasi, ekstraksi pelarut, pertukaran ion, dan adsorpsi (Rahmawati & Santoso, 2012).

Teknik pengolahan limbah cair secara konvensional untuk memperoleh kembali logam-logam seperti pengendapan dan penyaringan selain menghasilkan limbah padat juga pereaksi yang digunakan secara berlebihan akan menjadi pencemar yang baru. Ekstraksi cair-cair untuk memperoleh kembali logam-logam adalah alternatif lain, namun kurang ekonomis dan kurang efisien karena menggunakan beberapa tahap ekstraksi dan ekstraksi balik (Hamzah & Jalaluddin, 2011).

Teknik emulsi membran cair merupakan teknologi yang menarik perhatian, karena

*Correspondence:

Baharuddin Hamzah

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

email: hamzahhb@yahoo.com

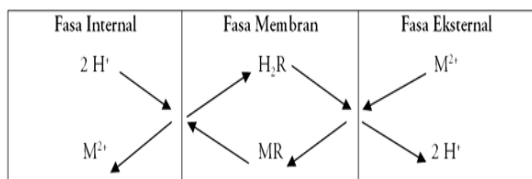
Published by Universitas Tadulako 2015

pengaruhnya yang potensial dalam teknik pemisahan. Pemisahan logam dengan teknik emulsi membran cair dapat dilakukan dengan menggunakan membran cair hidrofobik yang akan memisahkan dua fasa air. Fasa membran ini mengandung zat pembawa (carrier) yang secara selektif membawa spesifik ionik diantara fasa air tersebut (Prayitno, dkk., 1996).

Teknik emulsi membran cair merupakan proses ekstraksi dalam tiga fasa, yaitu fasa kontinu yang di dalamnya terdapat material yang akan dipisahkan biasa disebut sebagai fasa air eksternal (Fae), fasa membran (Fam) yang mengandung larutan pengekstrak dalam pelarut organik aromatis atau alifatis (Fo), fasa air internal (Fai) yang mengandung larutan untuk proses re-ekstraksi (Prayitno & Sardjono, 2000).

Mekanisme transfer yang digunakan pada teknik emulsi membran cair yaitu mekanisme transfer massa melalui difusi dengan reaksi kimia dalam fasa membran. Mekanisme ini umumnya digunakan untuk pemisahan ion logam, misalnya ekstraksi timbal dari limbah cair (Gurel, dkk., 2005), pemisahan perak dari limbah cair fotografi (Othman, dkk., 2006). Mekanisme ini didasarkan pada reaksi yang terjadi antara ion logam misalnya M^{2+} dengan pereaksi HR (zat pembawa) yang dilarutkan dalam membran. Mekanisme transfer massa ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Mekanisme Transfer Massa melalui Difusi dengan Reaksi Kimia dalam Fasa Membran (Hamzah & Jalaluddin, 2011).



Dari Gambar 1 di atas, terlihat bahwa ketika dilakukan proses pengadukkan maka terjadi reaksi antara ion logam M^{2+} dalam fasa eksternal dengan permukaan luar fasa membran yang mengandung senyawa pengkhelat, reaksi ini membentuk senyawa kompleks MR yang larut dengan baik dalam fasa membran. Selanjutnya akibat adanya pengadukkan yang berlangsung secara kontinyu, maka senyawa kompleks MR akan bereaksi dengan zat pembebas H^+ yang berada dalam fasa internal. Zat pembebas ini akan memutuskan ikatan antara zat pengkhelat dengan ion logam M^{2+} sehingga ion logam ini

akan berdifusi ke dalam fasa internal. Senyawa pengkhelat H_2R yang telah melepaskan M^{2+} akan kembali berdifusi ke dalam fasa membran yang selanjutnya akan kembali mengikat M^{2+} lainnya yang berada dalam fasa eksternal.

Faktor yang mempengaruhi efektifitas ekstraksi dengan teknik emulsi membran cair antara lain lama waktu ekstraksi, perbandingan volume fasa membran dan fasa internal, konsentrasi surfaktan, perbandingan volume emulsi dan fasa eksternal, konsentrasi senyawa pengkhelat, konsentrasi fasa internal, pH fasa eksternal dan konsentrasi ion logam yang akan diekstraksi. Dua diantara beberapa faktor tersebut yaitu perbandingan volume fasa membran dan fasa internal serta konsentrasi fasa internal. Perbandingan volume fasa membran dan fasa internal berpengaruh terhadap efektifitas ekstraksi emulsi membran cair, hal ini karena jika konsentrasi fasa internal besar maka fasa membran yang membungkus butir-butir fasa internal akan semakin tipis, sehingga dapat menyebabkan emulsi semakin mudah pecah pada saat pengadukan dalam proses ekstraksi. Selain itu, konsentrasi larutan asam dalam fasa internal juga ikut berpengaruh, hal ini karena ion logam akan terperangkap dengan baik di dalam fasa internal apabila konsentrasi ion hidrogen dalam fasa internal cukup tinggi. Konsentrasi ion hidrogen yang tinggi dalam fasa internal akan memaksa kesetimbangan bergeser ke arah pelepasan ion logam. Semakin tinggi konsentrasi ion hidrogen dalam fasa internal, semakin efektif ion logam terperangkap dalam fasa internal (Hamzah & Jalaluddin, 2011).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) menggunakan metode emulsi membran cair dengan memperhatikan variasi perbandingan volume fase membran dan fase internal serta konsentrasi HNO_3 dalam fasa internal proses ekstraksi ini.

Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Laboratorium Kimia Lanjut Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako Palu, Sulawesi Tengah. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Spektrofotometer Spectrodirect Lovibond, gelas kimia, labu ukur, gelas ukur, neraca digital, spatula, batang pengaduk, Magnetic Stirrer, wadah plastik, Cimarec Stirring and Hot Plates, pH meter, statif dan klem, pipet tetes dan corong pisah.

Bahan yang yaitu larutan ion logam timbal(II), larutan HNO_3 69%, aquades, reagen Pb-1, reagen Pb-2, parafin cair, span-80 dan benzoil aseton.

Pengaruh Perbandingan Volume Fasa Membran dan Fasa Internal terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Emulsi dibuat dengan mencampurkan fasa membran (benzoil aseton 0,02 M, parafin cair dan span-80 3%) dengan fasa internal yang mengandung larutan HNO_3 2M (diaduk dengan skala 10 selama 10 menit). Perbandingan volume fasa membran dan fasa internal yang digunakan yaitu 2 : 1, 2 : 2, 2 : 3 dan 2 : 4. Sebanyak 30 mL emulsi yang terbentuk dicampurkan dengan larutan ion timbal(II) 238 ppm senyak 180 mL dengan pH 2,0. Proses ekstraksi ini dilakukan dengan kecepatan pengadukkan pada skala 5 selama 15 menit. Setelah proses ekstraksi, hasil ekstraksi dipisahkan antara fasa eksternal dengan emulsi dengan menggunakan corong pemisah. Sisa ion timbal(II) yang masih berada dalam fasa eksternal diukur dengan menggunakan Spectrofotometer Spectrodirect. Perbandingan volume fasa membran dan fasa internal yang dapat menghasilkan persen ekstraksi ion timbal(II) terbesar akan digunakan pada perlakuan selanjutnya (pengaruh konsentrasi HNO_3).

Pengaruh Konsentrasi HNO_3 terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Emulsi dibuat dengan mencampurkan fasa membran (benzoil aseton 0,02M, parafin cair dan span-80 3%) dengan fasa internal yang mengandung larutan HNO_3 dengan perbandingan volume 2 : 3 (diaduk pada skala 10 selama 10 menit). Variasi konsentrasi larutan HNO_3 yang digunakan yaitu 1M, 2M, 3M dan 4M. Sebanyak 30 mL emulsi yang terbentuk dicampurkan dengan larutan ion timbal(II) 238 ppm senyak 180 mL dengan pH 2,0. Proses ekstraksi ini dilakukan dengan kecepatan pengadukkan pada skala 5 selama 15 menit. Setelah proses ekstraksi, hasil ekstraksi dipisahkan antara fasa eksternal dengan emulsi dengan menggunakan corong pemisah. Sisa ion timbal(II) yang masih berada dalam fasa eksternal diukur dengan menggunakan Spectrofotometer Spectrodirect.

Analisa Data

Besar persen ekstraksi ion timbal(II) yang berhasil terkestrak ke dalam fasa membran (parafin cair) dapat dilakukan dengan pengukuran terhadap banyaknya

ion timbal(II) yang masih tersisah dalam fasa eksternal. Pengukuran ini menggunakan alat Spectrofotometer Spectrodirect. Untuk mengetahui besarnya persen ekstraksi ion timbal(II) yang diperoleh pada penelitian ini digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% E = \frac{[Pb]_{o,aq} - [Pb]_{f,aq}}{[Pb]_{o,aq}} \times 100\%$$

Dimana,

% E = persen ekstraksi

[Pb]_{o, aq} = konsentrasi awal ion timbal(II) dalam larutan (fasa eksternal)

[Pb]_{f, aq} = konsentrasi akhir ion timbal(II) dalam larutan (fasa eksternal) setelah ekstraksi (Chang, dkk., 2009).

Hasil dan Pembahasan

Emulsi merupakan suspensi tetesan suatu cairan si dalam cairan kedua yang tidak saling bercampur sebagian. Pada emulsi terdapat bagian utama yaitu fasa terdispersi, terdiri butir-butir yang biasanya terdiri dari minyak, bagian kedua adalah zat pendispersi yang biasanya air, dan bagian ketiga adalah emulsifer (surfaktan) yang menjaga agar butir-butir minyak tetap terdispersi dalam air (Agustina, 2007). Emulsi mengandung dua fasa cair yang tidak saling bercampur atau hanya bercampur sedikit sekali. Proses pembentukan emulsi dapat terjadi dengan memberikan energi mekanik. Emulsi dapat disiapkan dalam bejana berpengaduk dimana emulsi yang dihasilkan mempunyai tetesan yang lebih besar (Hadikawuryan, 2005).

Emulsi membran cair merupakan salah satu dari tiga teknik ekstraksi menggunakan membran cair. Emulsi membran cair adalah suatu teknik pemisahan proses maju yang dapat digunakan untuk pemisahan selektif dan pungut ulang dengan mengkonsentrasikan zat terlarut yang diinginkan ke fasa internal membran. Teknik ini merupakan teknik ekstraksi dalam tiga fasa yaitu fasa yang di dalamnya terlarut material yang akan dipisahkan biasa disebut fasa eksternal, fasa membran yang mengandung larutan pengestrak dalam pelarut organik aromatis/alifatis dan fasa internal yang mengandung larutan untuk proses re-ekstraksi (Prayitno & Sardjono, 2000).

Penelitian ini akan memisahkan ion logam timbal(II) dari larutannya dengan menggunakan teknik emulsi membran cair. Pembuatan emulsi dilakukan dengan mencampurkan fasa membran dan fasa internal dengan bantuan

surfaktan. Fasa membran yang digunakan yaitu parafin cair dengan larutan HNO_3 sebagai fasa internal dan Span-80 sebagai surfaktannya. Penggunaan surfaktan span-80 telah beberapa kali digunakan dalam penelitian (Fitriya, 2005) dan (Saravanan, dkk., 2006). Pemilihan surfaktan didasarkan pada nilai HB butuh minyak yang digunakan. Parafin cair memiliki nilai HLB butuh 4 untuk tipe W/O, sehingga surfaktan yang digunakan harus memiliki nilai HLB yang sama atau mendekati nilai HLB 4. Span-80 memiliki nilai HLB 4,3. Span-80 yang digunakan pada penelitian ini yaitu span-80 3%, hal ini didasarkan pada penelitian sebelumnya bahwa konsentrasi surfaktan span-80 yang menghasilkan persen ekstraksi terbesar yaitu pada konsentrasi 3% (Syamsiar, 2014). Pembuatan emulsi ini dilakukan dengan proses pengadukan pada skala 10 selama 10 menit.

Ekstraksi dilakukan dengan mencampurkan 30 mL emulsi dan 180 mL larutan ion timbal(II) 238 ppm. Menurut hasil penelitian, perbandingan volume emulsi dan larutan sampel pada ekstraksi dengan teknik emulsi membran cair yaitu 1 : 6, dan konsentrasi larutan sampel sebesar 238 ppm (Alam, 2014). Larutan sampel ion timbal(II) yang digunakan berada pada pH 2,0 (Syamsiar, 2014). Proses ekstraksi dilakukan dengan pengadukan pada skala 5 selama 15 menit.

Pengaruh Perbandingan Volume Fasa Membran dan Fasa Internal terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Keoptimalan persen ekstraksi ion timba(II) yang diperoleh, salah satunya dipengaruhi oleh perbandingan volume fasa membran dan fasa internal dalam emulsi. Menurut (Hamzah, 2009), semakin banyak fasa internal yang digunakan maka semakin besar konsentrasi fasa internal dalam emulsi. Jika konsentrasi fasa internal besar maka fasa membran yang membungkus butir-butir fasa internal akan semakin tipis, sehingga dapat menyebabkan emulsi semakin mudah pecah pada saat pengadukan dalam proses ekstraksi. Perbandingan volume fasa membran dan fasa internal yang digunakan yaitu 2 : 1, 2 : 2, 2 : 3 dan 2 : 4. Data hubungan perbandingan volume fasa membran dan fasa internal besarnya persen ekstraksi dengan dapat dilihat pada Tabel 1.

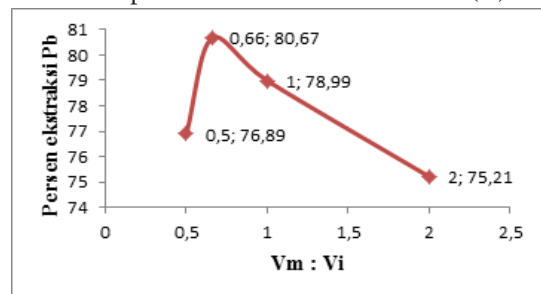
Tabel 1. Data Hasil Analisis pengaruh Perbandingan Volume Fasa Membran dan Fasa Internal terhadap Persen Ekstraksi Ion

Timbal(II)

No	Perbandingan Volume Fasa Membran dan fasa Internal	Konsentrasi Pb(II) dalam Fasa Eksternal (ppm) sebelum Ekstraksi	Konsentrasi ion Pb(II) dalam Fasa Eksterna		Rata-rata Persen Ekstraksi (%)
			I		
			II		
1.	2 : 1	238	56	62	75,21
2.	2 : 2		47	53	78,99
3.	2 : 3		44	48	80,67
4.	2 : 4		54	56	76,89

Berdasarkan data tersebut maka diperoleh kurva hubungan perbandingan volume fasa membran dan fasa internal dengan persen ekstraksi ion timbal(II) seperti pada Gambar 2.

Gambar 2. Kurva Hubungan Perbandingan Volume Fasa Membran dan Fasa Internal terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)



Kurva pada Gambar 2 menunjukkan bahwa persen ekstraksi ion timbal(II) yang terbesar terdapat pada perbandingan volume fasa membran dan fasa internal 2 : 3. Berdasarkan kurva tersebut terlihat bahwa persen ekstraksi mengalami peningkatan pada perbandingan 2 : 1, 2 : 2 dan mencapai puncaknya pada 2 : 3, selanjutnya pada perbandingan 2 : 4 persen ekstraksi mengalami penurunan.

Perbedaan persen ekstraksi yang dihasilkan tersebut dapat disebabkan oleh dua faktor. Pertama, pada perbandingan volume fasa membran dan fasa internal 2 : 1 dan 2 : 2 volume fasa membran lebih banyak, maka difusi kompleks $\text{Pb}(\text{BA})_2$ dalam fasa membran akan membutuhkan waktu yang relatif lebih lama, padahal ekstraksi telah dihentikan sebelum semua ion tembaga(II) dilepaskan ke dalam fasa internal. Kedua, pada perbandingan volume fasa membran dan fasa internal 2 : 4 emulsi yang terbentuk memiliki fasa membran yang lebih tipis dibandingkan fasa internal sehingga saat proses ekstraksi berlangsung emulsi yang terbentuk pecah. Pecahnya

emulsi menyebabkan ion Pb(II) yang telah terperangkap dalam emulsi kembali terlepas ke dalam fasa eksternal (Hamzah, 2009).

Pengaruh Konsentrasi HNO₃ terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Konsentrasi HNO₃ sebagai fasa internal juga merupakan faktor yang mempengaruhi kestabilan emulsi. HNO₃ dalam fasa internal berfungsi sebagai zat pembebas yang akan membebaskan ion logam timbal(II) dari ikatan kompleksnya dengan zat pengkhelat. Pembebasan ion timbal(II) dilakukan dengan cara memutuskan ikatan antara ion timbal(II) dengan zat pengkhelat (benzoil aseton). Ion timbal(II) yang terlepas akan terperangkap dalam fasa internal. Pembebasan ion logam timbal(II) oleh ion hidrogen hanya dapat terjadi jika konsentrasi ion hidrogen dalam fasa internal lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi ion hidrogen yang berada pada fasa eksternal. Menurut (Hamzah, 2009) Semakin tinggi konsentrasi ion hidrogen dalam fasa internal, semakin efektif ion logam terperangkap dalam fasa internal.

Konsentrasi HNO₃ dalam fasa internal yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1M, 2M, 3M dan 4M. Data hasil persen ekstraksi ion timbal(II) yang diperoleh dari variasi konsentrasi HNO₃ tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

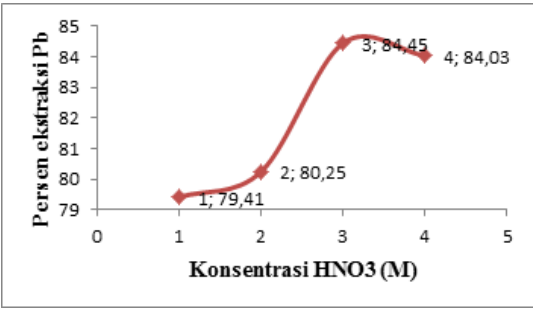
Tabel 2. Data Hasil Analisis pengaruh Konsentrasi HNO₃ dalam Fasa Internal terhadap Persen Ekstraksi Ion Logam Timbal(II)

No	Konsentrasi HNO ₃ (M)	Konsentrasi Pb(II) dalam Fasa Eksternal (ppm) sebelum Ekstraksi	Konsentrasi ion Pb(II) dalam Fasa Eksternal (ppm) setelah Ekstraksi		Rata-rata Persen Ekstraksi (%)
			I	II	
1	1	238	47	51	79,41
2	2		45	49	80,25
3	3		36	38	84,45
4	4		37	39	84,03

Berdasarkan data tersebut maka diperoleh kurva hubungan konsentrasi HNO₃ dengan persen ekstraksi ion timbal(II) seperti pada Gambar 3.

Gambar 3. Kurva Hubungan Konsentrasi HNO₃ dalam Fasa Internal terhadap Persen

Esktraksi Ion Timbal(II)



Berdasarkan kurva pada Gambar 3, terlihat bahwa persen ekstraksi ion logam timbal(II) terbesar ditunjukkan pada konsentrasi HNO₃ 3M dibandingkan dengan konsentrasi HNO₃ 1M, 2M dan 4M. Kurva tersebut menunjukkan persen ekstraksi ion timbal(II) mengalami peningkatan dari konsentrasi HNO₃ 1M hingga 3M, selanjutnya pada konsentrasi 4M persen ekstraksi relatif tidak mengalami peningkatan lagi. Perbedaan persen ekstraksi yang diperoleh ini dapat disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi HNO₃ maka konsentrasi ion hidrogen dalam fasa internal akan semakin besar pula sehingga akan lebih mudah untuk memutuskan ikatan kompleks Pb(BA)₂. Semakin kecil ion hidrogen dalam fasa internal maka konsentrasi ion logam timbal(II) yang terperangkap di dalam fasa internal akan semakin kecil pula. Hal ini mengakibatkan kesetimbangan akan lebih mudah tercapai walaupun belum seluruh ion logam timbal(II) berpindah ke fasa internal. Keadaan ini akan membuat persen ekstraksi ion logam timbal(II) akan semakin kecil. Selain itu, pada konsentrasi HNO₃ 4M persen ekstraksi ion timbal(II) relatif tidak mengalami peningkatan lagi karena pada keadaan ini seluruh ikatan kompleks Pb(BA)₂ telah habis terputus.

Kesimpulan

Persen ekstraksi terbesar pada ekstraksi ion timbal(II) dalam larutan dengan menggunakan emulsi membran cair diperoleh pada perbandingan volume fasa membran dan fasa internal 2 : 3 dengan persen ekstraksi sebesar 80,67%. Persen ekstraksi terbesar pada ekstraksi ion timbal(II) dalam larutan dengan menggunakan emulsi membran cair diperoleh pada konsentrasi HNO₃ 3M dengan persen ekstraksi sebesar 84,45%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Idha Kesuma Utami laboran laboratorium Agroteknologi FAPERTA dan Tasrik laboran laboratorium Kimia FKIP UNTAD yang telah banyak membantu selama penelitian.

Referensi

- Agustina, F. T. (2007). *Ekstraksi Fe(II)-1,10-fenantrolin menggunakan metode cloud point dengan surfaktan tween 80*. Surakarta: Universitas Sebalas Maret.
- Alam, S. (2014). *Penentuan kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair*. Palu: Universitas Tadulako.
- Chang, S. H., Teng, T. T., & Ismail. (2009). Optimization of Cu(II) extraction from aqueous solution by soybean-oil-based organic solvent using response surface methodology. *Water Air Soil Pollut*, 217(3), 567-576.
- Fitriya, L. E. (2005). *Pemisahan fenol dengan teknik membran cair emulsi (emulsion liquid membrane, ELM) menggunakan surfaktan span 80*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Gurel, L., Altas, L., & Buyukgungor, H. (2005). Removal of lead from wastewater using emulsion liquid membrane technique. *Environmental Engineering Science*, 22(4), 411 - 420.
- Hadikawuryan, D. S. (2005). *Pemisahan logam perak(I) dengan membran cair emulsi (elm) dengan pembawa sinergi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hamzah, B. (2009). *Aplikasi 1-fenil-3-metil-4-benzoil-5-pirazolon sebagai pembawa kation pada ekstraksi ion tembaga(II) menggunakan teknik emulsi membran cair*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Hamzah, B., & Jalaluddin, N. (2011). Pengaruh ion kadmium(II) dan nikel(II) pada ekstraksi ion tembaga(II) dengan ekstrak 4-benzoil -1-fenil-3-metil- 2-pirazolin-5-on menggunakan emulsi membran cair. *Jurnal natur Indonesia*, 13(3), 269 - 275.
- Othman, N., Mat, H., & Goto, M. (2006). Separation of silver from photographic wastes by emulsion liquid membrane *Journal of Membrane Science*, 282(1-2), 171-177.
- Payung, F. L., Ruslan, & Birawida, A. B. (2013). *Studi kandungan dan distribusi spasial logam berat timbal (Pb) pada sedimen dan kerang (anadara sp) di wilayah pesisir kota makassar*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Prayitno, Basuki, K. T., & Raharjo. (1996). *Pengambilan uranium dalam air limbah dengan teknik membran emulsi cair*. Yogyakarta.
- Prayitno, & Sardjono, D. (2000). *Penurunan kadar merkuri pada limbah cair dengan teknik membran emulsi cair*. Yogyakarta.
- Rahmawati, A., & Santoso, S. J. (2012). Studi adsorpsi logam Pb(II) dan Cd(II) pada asam humat dalam medium air. *Alchemy*, 2(1), 46 - 57.
- Saravanan, S., Begum, K. M. M. S., & Anantharaman, N. (2006). Removal of hexavalent chromium by emulsion liquid membrane technique. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 41(3), 333-342.
- Syamsiar. (2014). *Pengaruh konsentrasi surfaktan (span-80) dan pH fasa eksternal terhadap persen ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair*. Palu: Universitas Tadulako.